

Tabela 5.9 - Características dos corpos de prova dos ensaios de cisalhamento direto.

Material			Denomi- nação do ensaio	s'_v (kPa)	Dados do corpo de prova antes e depois do adensamento				
Tipo	Origem	Alteração			antes				depois
					g (KN/m ³)	D/d_{max}	D_r (%)	e	e_o
Basalto	Barragem de Marim- bondo	Campo (25 anos)	Md103	99	17,3	6,6	71,2	0,617	0,616
				295	17,3	6,6	71,4	0,616	0,615
				589	17,3	6,6	70,5	0,619	0,583
			Mf103	99	15,3	6,6	5,3	0,822	0,821
				295	15,4	6,6	7,7	0,815	0,814
				589	15,4	6,6	6,8	0,818	0,817
			Md26	48	17,5	4,8	86,5	0,572	0,554
				297	17,8	4,8	92,2	0,551	0,546
				97	17,5	4,8	86,7	0,572	0,565
				587	17,6	4,8	89,0	0,563	0,545
			Mf26	81	14,8	5,0	10,7	0,857	0,841
				297	14,9	4,9	12,1	0,852	0,826
				587	15,0	4,8	14,2	0,844	0,787
			Md26u	196	17,4	4,8	84,0	0,607	0,602
				587	17,3	4,8	81,2	0,618	0,592
			Mf26u	196	14,7	4,7	4,7	0,911	0,832
				587	14,6	4,6	4,0	0,913	0,789
			Md12	196	17,3	9,6	99,0	0,585	0,578
	587	17,3		9,6	100,0	0,581	0,563		
	Mf12	196	13,6	9,6	0,0	1,010	0,971		
		587	13,9	9,4	9,2	0,971	0,884		
	Pedreira Rio Grande	Intacto (0 anos, 0 horas de lixiviação)	Pd103	99	17,8	6,6	80,0	0,611	0,610
				295	17,8	6,6	80,6	0,609	0,608
				589	17,9	6,6	83,9	0,598	0,597
			Pf103	99	15,4	6,2	9,8	0,853	0,852
				295	15,4	6,1	9,5	0,854	0,853
				589	15,4	6,0	10,2	0,851	0,850
			Pd26(1)	81	18,1	4,8	87,6	0,555	0,552
				297	18,1	4,8	87,5	0,556	0,555
				587	17,9	4,8	83,3	0,572	0,571
Pd26(2)			81	18,0	4,9	85,9	0,562	0,561	
			297	18,2	4,8	88,7	0,551	0,550	
			587	18,0	4,8	84,9	0,566	0,565	
Pd26(3)			81	18,1	4,9	87,7	0,555	0,554	
			297	18,0	4,9	84,5	0,567	0,566	
			587	18,1	4,9	87,7	0,555	0,554	

s'_v ... tensão vertical no início do ensaio;
 D ... dimensão mínima do corpo de prova;
 D_r ... densidade relativa;
 e_o ... índice de vazios no início do ensaio.

g ... peso específico seco;
 d_{max} ... dimensão máxima da partícula;
 e ... índice de vazios após moldagem;

Tabela 5.9 - Características dos corpos de prova dos ensaios de cisalhamento direto (continuação).

Material			Denomi- nação do ensaio	S'_v (kPa)	Dados do corpo de prova antes e depois do adensamento				
Tipo	Origem	Alteração			antes				depois
					g (KN/m ³)	D/d_{max}	D_r (%)	e	e_o
Basalto	Pedreira Rio Grande	Intacto (0 anos, 0 horas de lixiviação)	Pf26(1)	81	14,8	4,9	0,5	0,898	0,897
				297	14,9	4,7	1,8	0,893	0,872
				587	14,9	4,9	0,7	0,897	0,855
			Pf26(2)	81	15,0	4,7	5,3	0,879	0,870
				297	15,0	4,7	5,3	0,879	0,853
				587	14,9	4,6	2,6	0,889	0,847
			Pf26(3)	81	15,0	4,7	6,9	0,872	0,864
				297	15,0	4,7	6,9	0,872	0,852
				587	15,0	4,6	6,9	0,872	0,829
			Pd26u	196	17,7	4,8	78,6	0,591	0,587
				587	17,6	4,8	75,8	0,601	0,576
			Pf26u	196	14,9	4,9	1,4	0,894	0,878
				587	14,9	4,8	0,8	0,897	0,867
			Pd16	196	17,9	7,2	94,1	0,567	0,559
				587	18,1	7,2	100,0	0,548	0,534
			Pf16	196	14,9	7,2	0,0	0,879	0,868
				587	15,0	7,0	1,5	0,874	0,828
			Pd12	196	17,8	9,4	99,1	0,572	0,536
				587	17,7	9,4	97,7	0,578	0,551
			Pf12	196	14,1	9,4	3,2	0,977	0,948
				587	14,3	9,3	9,5	0,950	0,884
			Pd12u	196	17,8	9,6	100,0	0,569	0,560
				587	17,7	9,6	97,5	0,579	0,554
			Pf12u	196	14,1	9,4	0,6	0,988	0,899
				587	14,1	9,2	0,0	0,990	0,860
			Pd8	196	17,7	14,4	93,2	0,577	0,569
				587	18,0	14,4	100,0	0,546	0,533
			Pf8	196	13,9	14,1	0,0	1,003	0,958
				587	14,2	13,9	8,4	0,964	0,878
			Pd22	97	21,8	4,7	89,6	0,280	0,277
				297	21,8	4,7	89,6	0,280	0,277
				587	21,8	4,7	89,6	0,280	0,271
			Pf22	97	18,8	4,7	10,8	0,483	0,478
				297	18,8	4,6	10,8	0,483	0,465
				587	18,8	4,6	10,8	0,483	0,456

S'_v ... tensão vertical no início do ensaio;
 D ... dimensão mínima do corpo de prova;
 D_r ... densidade relativa;
 e_o ... índice de vazios no início do ensaio.

g ... peso específico seco;
 d_{max} ... dimensão máxima da partícula;
 e ... índice de vazios após moldagem;

Tabela 5.9 - Características dos corpos de prova dos ensaios de cisalhamento direto (continuação).

Material			Denomi- nação do ensaio	s'_v (kPa)	Dados do corpo de prova antes e depois do adensamento				
Tipo	Origem	Alteração			antes				depois
					g (KN/m ³)	D/d_{max}	D_r (%)	e	e_o
Basalto	Pedreira Rio Grande	100 h de lixiviação	L100d26	97	18,2	4,7	88,4	0,552	0,547
				297	18,1	4,7	87,3	0,556	0,546
				603	18,2	4,7	89,5	0,547	0,538
			L100f26	97	15,2	4,7	10,6	0,858	0,852
				297	15,2	4,6	10,6	0,858	0,823
				603	15,1	4,6	9,2	0,863	0,826
		240 h de lixiviação	L240d26	97	18,1	4,7	88,1	0,553	0,549
				297	18,0	4,7	85,9	0,562	0,555
				603	18,1	4,7	88,1	0,553	0,542
			L240f26	97	15,2	4,6	10,2	0,860	0,824
				297	15,1	4,6	7,6	0,870	0,823
				603	15,2	4,6	10,2	0,860	0,825
		600 h de lixiviação	L600d26	97	18,1	4,7	87,8	0,554	0,552
				297	18,1	4,7	86,7	0,559	0,551
				603	18,3	4,7	91,0	0,542	0,530
			L600f26	97	15,1	4,7	7,5	0,870	0,864
				297	15,1	4,7	7,5	0,870	0,853
				603	15,1	4,6	7,5	0,870	0,833
		1500 h de lixiviação	L1500d26	97	18,3	4,7	90,8	0,542	0,537
				297	18,2	4,7	88,6	0,551	0,540
				603	18,3	4,7	90,8	0,542	0,531
			L1500f26	97	15,2	4,6	10,4	0,859	0,829
				297	15,1	4,7	7,7	0,869	0,851
				603	15,1	4,6	7,7	0,869	0,817
		3200 h de lixiviação	L3200d26	97	18,0	4,8	86,1	0,561	0,557
				297	18,2	4,7	89,3	0,548	0,552
				603	18,3	4,7	91,5	0,540	0,542
			L3200f26	110	15,1	4,7	7,3	0,871	0,866
				297	15,1	4,7	8,6	0,866	0,847
				603	15,2	4,6	11,3	0,855	0,812
		100 ciclos de umidade	U100d26	97	18,3	4,7	91,5	0,540	0,535
				297	18,2	4,7	89,3	0,548	0,542
				603	18,3	4,7	91,5	0,540	0,530
			U100d26	97	15,1	4,7	8,6	0,866	0,859
				297	15,1	4,7	8,6	0,866	0,850
				603	15,2	4,6	11,3	0,855	0,823

s'_v ... tensão vertical no início do ensaio;
 D ... dimensão mínima do corpo de prova;
 D_r ... densidade relativa;
 e_o ... índice de vazios no início do ensaio.

g ... peso específico seco;
 d_{max} ... dimensão máxima da partícula;
 e ... índice de vazios após moldagem;

Tabela 5.9 - Características dos corpos de prova dos ensaios de cisalhamento direto (continuação).

Material			Denomi- nação do ensaio	s'_v (kPa)	Dados do corpo de prova antes e depois do adensamento				
Tipo	Origem	Alteração			antes				depois
					g (KN/m ³)	D/d_{max}	D_r (%)	e	e_o
Granito	Barragem de Serra da Mesa	São	Gd139	99	20,6	4,9	95,1	0,269	0,268
				295	20,6	4,9	95,2	0,269	0,268
				589	20,6	4,9	95,7	0,268	0,267
			Gd22	97	20,3	4,9	87,4	0,265	0,261
				297	20,2	4,8	85,8	0,269	0,260
				587	20,5	4,8	93,2	0,252	0,242
			Gf22	97	17,6	4,7	6,0	0,453	0,440
				297	17,6	4,7	4,8	0,455	0,430
				587	17,5	4,7	0,0	0,466	0,433
			Gd109	99	16,3	6,6	91,9	0,612	0,607
				295	16,3	6,6	91,5	0,612	0,591
				589	16,4	6,6	100,0	0,596	0,570
			Gf109	99	14,7	6,6	0,0	0,787	0,762
				295	14,7	6,6	1,9	0,783	0,735
				589	14,8	6,5	7,9	0,772	0,692
			Gd26	97	17,3	4,9	100,0	0,499	0,495
				297	17,1	4,9	97,0	0,509	0,501
				587	17,2	4,8	99,7	0,500	0,485
			Gf26	97	14,1	4,9	3,6	0,837	0,823
				297	14,0	4,8	0,0	0,850	0,814
				587	14,1	4,7	5,9	0,829	0,768
			Gd22u	196	20,5	4,9	92,3	0,254	0,260
				587	20,2	4,8	85,9	0,268	0,248
			Gf22u	196	17,5	4,7	2,0	0,462	0,413
				587	17,5	4,6	1,2	0,464	0,362

s'_v ... tensão vertical no início do ensaio;
 D ... dimensão mínima do corpo de prova;
 D_r ... densidade relativa;
 e_o ... índice de vazios no início do ensaio.

g ... peso específico seco;
 d_{max} ... dimensão máxima da partícula;
 e ... índice de vazios após moldagem;

5.6.4.2 Equipamentos utilizados e procedimentos de ensaio e de moldagem

Os ensaios foram executados no Laboratório de Geotecnia do CEDEX em Madri, Espanha. As Figuras 5.17 e 5.18 mostram um dos equipamentos de grandes dimensões empregados para ensaiar os corpos de prova modelados com granulometria de diâmetro d_{50} igual a 103mm. Este equipamento, denominado CIS₁₀₀, é capaz de ensaiar corpos de prova aproximadamente cúbicos de 1,00m de lado. O equipamento foi construído para o estudo da resistência ao cisalhamento de materiais granulares grossos. Todavia, o equipamento também

possibilita a execução de ensaios especiais em geossintéticos (arrancamento, cisalhamento, e outros).

O princípio de funcionamento do equipamento é o mesmo dos de cisalhamento direto convencionais. No entanto o cisalhamento é produzido mediante o deslocamento da parte inferior da caixa. A Figura 5.20 mostra a caixa de cisalhamento, que é constituída por duas partes metálicas quadradas com dimensões internas de 1m de lado e 0,6m de altura, cada uma.

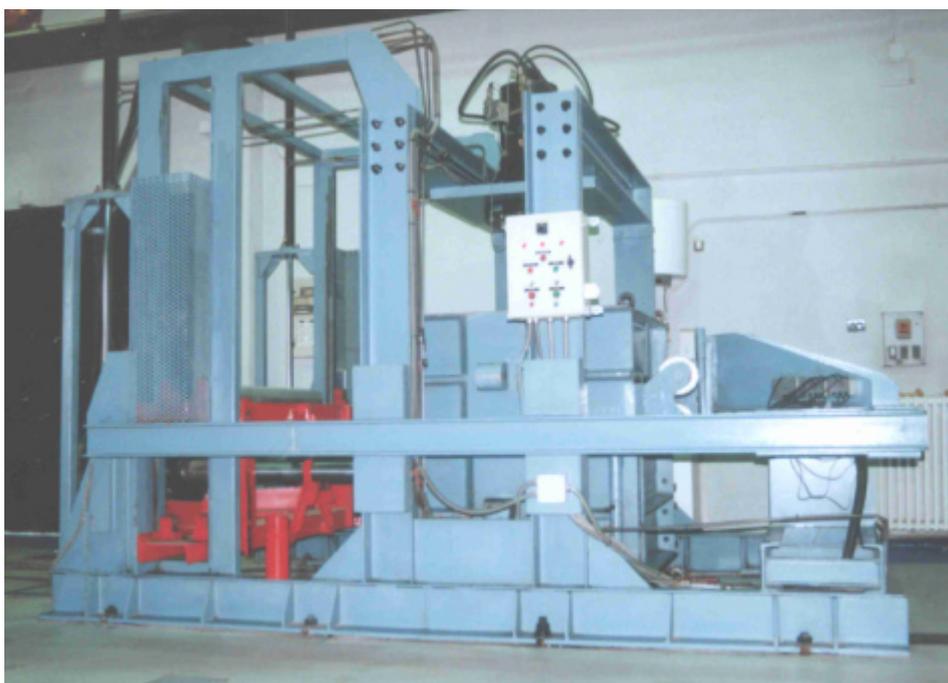


Figura 5.18 - Vista lateral do equipamento de cisalhamento direto de grandes dimensões CIS₁₀₀, no Laboratório de Geotecnia do CEDEX, Espanha.

A parte inferior da caixa de cisalhamento apóia-se sobre um conjunto de rolamentos, que correm ao longo de trilhos fixos no piso. A parte superior é apoiada em quatro rolamentos, que correm ao longo do topo da parede lateral da parte inferior da caixa de cisalhamento. Isso permite o deslocamento relativo entre as partes superior e inferior, sem o desenvolvimento de atrito significativo entre as partes. A reação horizontal da caixa superior se dá em dois pontos, cada um com duas polias rotuladas. Cada conjunto de polias corre sobre um guia cilíndrico, o que garante o alinhamento e o deslocamento verticais da parte superior da caixa de cisalhamento.

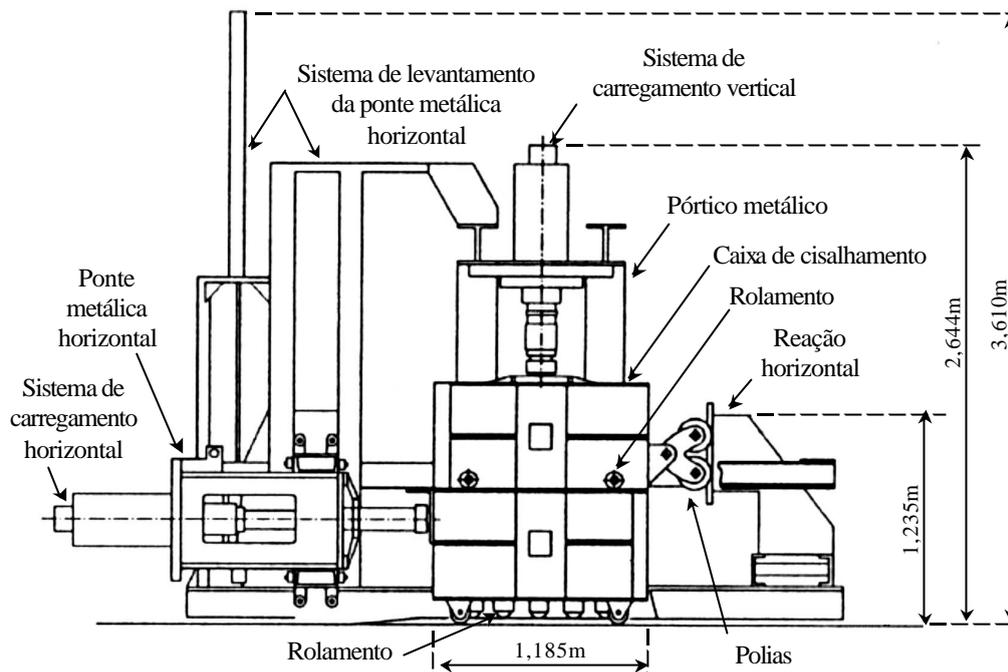


Figura 5.19 - Corte longitudinal com a caixa de cisalhamento posicionada para ensaio (CEDEX, Espanha).



(a) caixa de cisalhamento



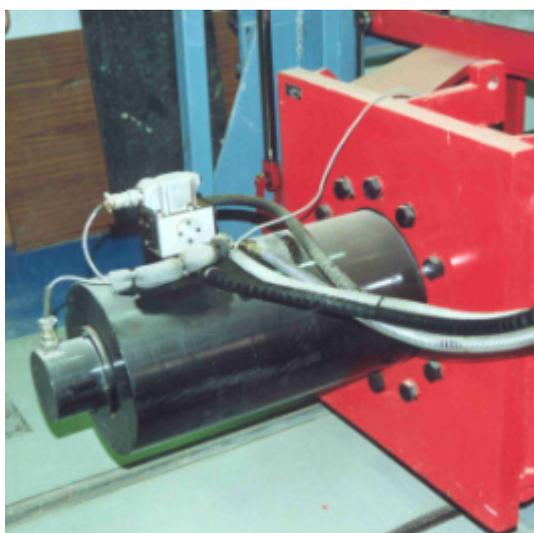
(b) parte superior da caixa



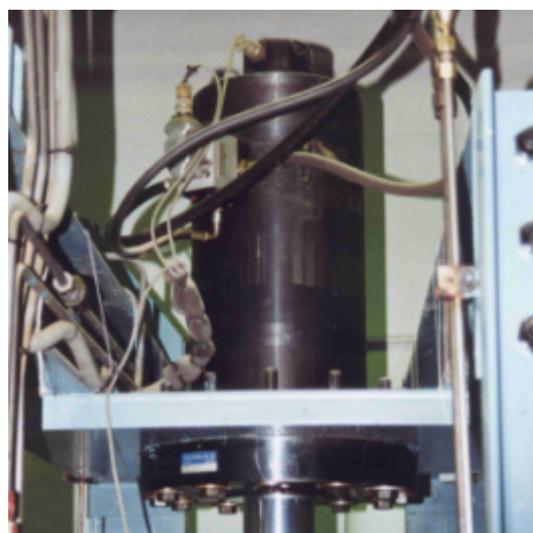
(c) parte inferior da caixa

Figura 5.20 - Caixa de cisalhamento do equipamento de corte de grandes dimensões CIS₁₀₀ (CEDEX, Espanha).

A aplicação das cargas horizontal e vertical é realizada através de um sistema hidráulico horizontal (Figura 5.21a) e outro vertical (Figura 5.21b), respectivamente. Os dois sistemas estão conectados a uma mesma central de alimentação hidráulica. Cada sistema constitui-se de um macaco hidráulico, uma célula de carga, um transdutor de pressão, um transdutor de deslocamento e um servo-controle. A capacidade de carga e o deslocamento máximo dos pistões dos macacos hidráulicos horizontal e vertical são de 908kN (100t) e 350mm, respectivamente. O servo-controle vertical garante que a tensão vertical permaneça constante no corpo de provas durante o ensaio. O servo-controle horizontal assegura uma velocidade de cisalhamento constante.



(a) horizontal



(b) vertical

Figura 5.21 - Sistemas de aplicação de carga do equipamento de cisalhamento direto de grandes dimensões (CEDEX, Espanha).

O sistema hidráulico vertical apóia-se em um grande pórtico metálico. O horizontal foi adaptado em uma ponte metálica móvel na direção vertical. O levantamento do sistema de aplicação de carga horizontal permite que a caixa de cisalhamento seja deslocada para fora do pórtico (Figura 5.22).

Os ajustes da carga vertical, da velocidade de cisalhamento, do deslocamento máximo horizontal e da posição inicial dos pistões são feitos através de um quadro de controles digital, acoplado ao sistema de aquisição de dados totalmente automatizado.